

La teoría epidémica en la bibliometría brasileira

Rubén Urbizagástegui-Alvarado

Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – MG – Brasil.

Bibliotecário da Universidade de Califórnia em Riverside (UCR) - Riverside, Califórnia - EUA.

<http://ucriverside.academia.edu/RubenUrbizagastegui>

E-mail: ruben@ucr.edu

Cristina Restrepo-Arango

Doctora en Bibliotecología y Estudios de la Información.

Jefe de la División de Bibliotecas y Recursos Educativos da Universidad de Córdoba – Colombia.

E-mail: cristinarestrepo@correo.unicordoba.edu.co

Data de submissão: 19/11/2019. Data de aceite: 17/04/2020. Data de publicação: 10/12/2021.

RESUMEN

Aplica el modelo de la teoría epidémica a la literatura sobre las métricas (bibliometría, cienciometría, infometría, webmetría, archivometría, tecnometría, patentometría, etc.) producida y publicada en el Brasil y por brasileños en el exterior. Fueron identificados 6180 documentos producidos por 9715 autores diferentes desde 1973 hasta 2018. La proporción de los autores en relación con las publicaciones para toda la población que abarca cuarenta y seis años fue de 1,6. La investigación sobre la bibliometría brasileira entró en un estado epidémico en la década de 2000. El modelo epidémico indica que los infectados continuarán creciendo sin alcanzar todavía su punto de saturación logística.

Palabras clave: Bibliometría. Cienciometría. Brasil. Teoría epidémica. Modelo SIR.

A teoria epidêmica na bibliometria brasileira

RESUMO

Aplica-se o modelo da teoria epidêmica à literatura sobre as métricas (bibliometria, cienciometria, infometria, webmetria, arquivometria, tecnometria, patentometria, etc.) produzidas e publicadas no Brasil, bem como por brasileiros no exterior. Foram identificados 6180 documentos produzidos por 9715 autores diferentes desde 1973 até 2018. A proporção de autores em relação às publicações para toda a população de quarenta e seis anos foi de 1,6. As pesquisas sobre a bibliometria brasileira entraram em estado epidêmico na década de 2000. O modelo epidêmico indica que os infectados continuarão a crescer sem atingir ainda seu ponto de saturação logística.

Palavras-chave: Bibliometria. Cienciometria. Brasil. Teoria epidêmica. Modelo SIR.

The epidemic theory in the brazilian bibliometrics

ABSTRACT

The epidemic model is applied to the literature on bibliometrics, scientometrics, infometrics, webmetrics, archivometrics, technometrics, produced and published in Brazil and by Brazilians abroad. 6180 documents produced by 9715 different authors from 1973 to 2018 were identified. The proportion of the authors in relation to the publications for the entire population spanning forty-six years was 1.6. The research on Brazilian bibliometrics enter an epidemic state in 2000s decade. The epidemic model indicates that those infected people will continue to grow without reaching yet their logistic saturation point.

Keywords: *Bibliometrics. Scientometrics. Brazil. Epidemic theory. SIR Model.*

INTRODUCCIÓN

Un modelo es un concepto abstracto sobre la forma en que se desarrolla cierto fenómeno. Es una representación simplificada de la realidad social, por medio de ecuaciones, funciones o fórmulas matemáticas que muestra la relación entre dos o más variables que tratan de explicar el fenómeno representado. Muchas de las ciencias modernas usan esta forma representación matemática, una de las cuales es la epidemiología. La epidemiología estudia la evolución de una epidemia durante un tiempo determinado buscando predecir su comportamiento futuro. En el esfuerzo por predecir el comportamiento futuro de las epidemias, los modelos matemáticos han sido los mejores aliados para predecir su desarrollo. Al parecer, uno de los primeros en formular un modelo matemático para predecir la propagación de la epidemia de viruela fue Daniel Bernoulli en 1760 (BLOWER, 2004). Uno de los factores más importantes es conocer si la epidemia será o no endémica. Es decir, si la enfermedad perdurará en la población por un largo periodo de tiempo o si desaparecerá paulatinamente conforme pase el tiempo.

El uso de modelos matemáticos para comprender la dinámica de las enfermedades infecciosas tiene una historia muy rica en epidemiología. Fueron Kermack y McKendrick (1927) los que introdujeron las ecuaciones para el modelo general de susceptibles, infectados, y removidos (SIR) y mostraron cómo un conjunto de supuestos restrictivos conduce al modelo estandarizado SIR de ecuaciones diferenciales ordinarias.

A mediados de la década de 1960, este modelo fue adoptado por Goffman y Newill (1964) para estudiar la difusión de las ideas. Si las ideas son vistas como una enfermedad infecciosa, también éstas se pueden difundir rápidamente e “infectar” a muchas personas. En la ciencia, el proceso “epidémico” puede ser caracterizado como la transmisión de ideas de un estado susceptible a otro infectado, donde la causa de la transmisión es la exposición a algún material infeccioso, en este caso, las ideas son transmitidas por comunicación personal o por la exposición a una publicación, es decir, la lectura específica de un documento publicado (artículo científico, ponencias presentadas en congresos, capítulos de libros publicados, monografías, etc.). Sin embargo, una epidemia no se puede desarrollar dentro de una determinada población a menos que haya un contacto efectivo entre los susceptibles y el material infeccioso. Eso solo puede suceder si se considera que, así como ciertas personas son susceptibles a ciertas ideas, también son resistentes a otras. Una vez que un autor es infectado por una idea, ese autor puede a su vez, después de algún periodo de latencia, transmitirlo e infectar a otros autores. Esta idea tomada de la epidemiología fue explorada en diversos artículos académicos por Goffman y Newill (1964); Goffman (1965; 1966a; 1966b; 1969; 1971); Goffman y Newill (1967); Goffman y Warren (1970); Goffman y Harmon (1971); y Warren y Goffman (1972).

Sin embargo, esta línea de investigación bibliométrica parece haber sido dejada de lado en las preocupaciones de los interesados en los estudios métricos del campo de la bibliotecología y la ciencia de la información brasilera y latinoamericana, pues, existen muy pocos estudios referentes a la difusión de la literatura en su forma epidémica comparado con otros modelos como la Ley de Bradford o la Ley de Lotka. Por ejemplo, Vanz (2003) mencionó un solo artículo publicado entre 1972 y 2002 que usó la ley de Goffman. Algunas revisiones de literatura ni siquiera lo mencionan ni hace parte de las preocupaciones de la bibliometría brasilera o en su caso, están ausentes de los trabajos revisados (RIBERO, 2017; MEDEIROS y VITORIANO, 2015), mientras que otros le restan importancia a esta teoría epidémica (ARAUJO, 2006). Incluso esta línea de investigación no ha sido tratada ni presentada como ponencia en ninguna de las ediciones de los Encuentros Brasileiros de Bibliometría y Cienciometría ni mencionado o que haga parte de algún documento publicado en el libro organizado por Mugnaini, Fujino y Kobashi (2017). Tal vez esto se deba a su componente matemático con el que muy pocos científicos de la información parecen estar familiarizados, pero que ahora son facilitados por la existencia de paquetes especializados en el Proyecto R para el cálculo estadístico¹.

En América Latina merece destacar el artículo de Machín Faral (2019), quien explicó el patrón de propagación del concepto sustentabilidad en el campo de la ecología y el ordenamiento territorial en la literatura indexada en la plataforma de información Web of Science, desde el año 1987 hasta 2015 y el de Restrepo-Arango (2017) con el estudio del modelo epidémico en la literatura publicada sobre las métricas en Colombia. Estos autores recomiendan mayores investigaciones utilizando bibliografías de campos científicos diferentes.

Por esa razón, el objetivo de este artículo es analizar la difusión de la literatura sobre las “métricas” en el Brasil utilizando el modelo epidémico, es decir, analizar la literatura publicada sobre bibliometría, cienciometría, infometría, webmetría, archivometría, tecnometría, patentometría, etc., producida y publicada en el Brasil y por brasileños en el exterior, ya que la literatura académica o científica también es una forma de comunicar una idea; en este caso las técnicas bibliométricas producidas en el Brasil. Hasta donde es del conocimiento de los autores de esta investigación, este modelo aún no ha sido explorado para estudiar la literatura publicada sobre los estudios métricos brasileños. Con este trabajo se intentará llenar ese vacío y aportar al conocimiento y desarrollo de la cienciometría y vigilancia científica en el país. Los autores de este documento tomaron a la literatura publicada sobre la bibliometría brasilera desde 1973 hasta diciembre de 2018 como objeto de análisis para estudiar la posibilidad de que la difusión de esta literatura se comporta como una epidemia. Por lo tanto, la pregunta que guía esta investigación es la siguiente²:

¿Es posible observar el desarrollo de la bibliometría brasilera (BB) dentro de los parámetros establecidos por la teoría epidémica?

¿Si esto es posible, cuándo ingresa la BB en un estado epidémico?

Para responder esas preguntas, este artículo está organizado en seis partes. En la primera parte se presenta una introducción al tema, se detalla el problema y se formulan las preguntas de investigación. En la segunda se ofrece el referencial teórico sobre los estudios de referidos a la teoría epidémica aplicados a la difusión de la literatura científica, se revisa exhaustivamente la literatura publicada y se explora los modelos propuestos para medir esas teorías.

² El evaluador A de este artículo afirma que “a problemática da pesquisa necessita estar direcionada para os possíveis impactos que podem causar ao domínio estudado”. Como afirmaciones de este tipo son tan generales, no sabemos como interpretar esta sugerencia (?). Cuando se evalúan artículos para posible publicación este tipo de generalidades deberían ser evitados.

¹ ver <https://www.r-project.org/>

En la tercera se describe la metodología empleada y la aplicación del modelo de análisis que se seleccionó, así como la forma de recolección de los datos y la forma de medición de éstos. En la cuarta parte se exponen los resultados. En la quinta se proponen las conclusiones y discusiones de los resultados obtenidos. Por último, se presenta la bibliografía revisada para la elaboración de este trabajo.

MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

Los investigadores han estado siempre intrigados por la dinámica de transmisión de informaciones, rumores, chismes o ideas de un individuo a otro. Por ejemplo, Rapoport (1953) reportó un estudio que aplicó una fórmula de iteración derivada para una red aleatoria de difusión de información a una población. Descubrió que si la densidad del axón (el único parámetro en la fórmula) está determinada por el primer par de valores experimentales, la propagación prevista de la información es mucho más rápida que la observada. Si los valores sucesivos de la densidad aparente del axón se calculan, a partir de los valores experimentales sucesivos, se observó que esta cantidad al principio sufrió una fuerte caída desde un alto valor inicial a su valor más bajo y luego se “recuperó” gradualmente. Por lo tanto, la propagación prevista resultó ser más lenta que la observada.

El análisis de la transmisión de ideas como un proceso epidémico fue inicialmente propuesto para el diseño y uso de sistemas de recuperación de la información, pues “uno de los problemas fundamentales en el campo de la recuperación de la información es determinar las circunstancias en las que puede ser necesario introducir un sistema de recuperación de información como una ayuda para una determinada población de científicos” (GOFFMAN; NEWIL, 1964). Entonces estos autores propusieron que este problema se analice en términos de la transmisión y desarrollo de las ideas en una población determinada, es decir, cómo si se tratara de la transmisión de una enfermedad infecciosa, o bien, como un proceso epidémico.

Ambos autores sientan las bases matemáticas del modelo epidémico, por medio de una analogía entre las enfermedades infecciosas y una epidemia intelectual; discutieron los fundamentos teóricos del modelo y proporcionaron las ecuaciones correspondientes, pero aún no aplicaron el modelo epidémico a un asunto concreto. Al siguiente año se caracterizó el proceso epidémico como un proceso dependiente del tiempo de transmisión de los miembros de una población, donde las transiciones de estado son causadas por la exposición a cierta influencia, llamado material infeccioso. Los miembros de la población pueden:

pertenecer a uno de los tres estados básicos en un punto determinado del tiempo: (a) infectados, aquellos miembros de la población que son hospederos del material infeccioso; (b) susceptibles, aquellos miembros de la población que pueden llegar a ser infectados determinado por contacto efectivo con el material infeccioso; (c) removidos, aquellos miembros de la población que han sido removidos de la circulación por una variedad de razones, tales como muerte, inmunidad, hospitalización, etc. (GOFFMAN, 1965).

Preocupado con la noción de “estabilidad” de los procesos epidémicos, insiste en que

“un proceso epidémico puede describirse en términos de un conjunto N (una población) y un conjunto de estados internos o (susceptibles, infectados y removidos) que efectúa una partición de N en un punto dado en el tiempo, donde el estado de las transiciones son el resultado de la exposición a algún fenómeno (material infeccioso). El proceso E puede estar en cualquiera de un conjunto de tres estados en un punto en el tiempo, a saber: (1) Estado creciente, el cambio en la tasa a la que se acumula el número de infectados con respecto al tiempo es positivo. (2) Estado decreciente, el cambio en la velocidad a la que se acumula el número de infectados con respecto al tiempo es negativo. (3) Estado estable, el cambio en la tasa a la que se acumula el número de infectados con respecto al tiempo es cero (GOFFMAN, 1966a).

Ese mismo año vuelve a derivar ecuaciones matemáticas para explicar la existencia de contacto efectivo entre un infectado y un susceptible como un contacto que produce una infección. Explicó que, si se produce:

una transición del estado susceptible al infectado, entonces, se ha producido un contacto efectivo entre el material susceptible y el material infectado transmitido por el infectado. La noción de contacto efectivo es fundamental en el desarrollo de un proceso epidémico, ya que la transición del estado susceptible al infeccioso no puede ocurrir a menos que la transmisión del material infeccioso resulte en una infección. Por lo tanto, un proceso epidémico podría caracterizarse en términos de dos conjuntos y una relación entre sus miembros, donde un conjunto S , representa a una población de susceptibles, el otro conjunto I , representa a una población de infectados, y la relación R es de tal manera que si un susceptible $s \in S$ se encuentra en la relación de R con un infectado $x \in I$, entonces se producirá una infección, es decir, un contacto efectivo, cuando s entra en contacto con x (GOFFMAN, 1966b).

Sin embargo, ese mismo año, demostró ese método con el estudio del desarrollo del conocimiento sobre los mastocitos, por ello usó la bibliografía completa que fue elaborada por el profesor Hans Selye, esta bibliografía “constituye un dato ideal para la aplicación de la teoría epidémica a la propagación de las ideas científicas, ya que proporcionó todas las contribuciones a la materia, desde el descubrimiento de Ehrlich de los mastocitos en 1877 hasta 1963” (GOFFMAN, 1966c). Esta literatura abarcaba desde el primer documento de Ehrlich en 1877 hasta 1963 que consistió en un total de 2282 publicaciones. Encontró que las investigaciones sobre los mastocitos por aproximadamente sesenta años se mantuvieron relativamente estables y que solo entraron a un estado de epidémico después de la Segunda Guerra Mundial.

También reportó una aplicación de la teoría epidémica al estudio del crecimiento de la lógica simbólica desde 1847 hasta 1962 (GOFFMAN, 1971). Encontró que con la excepción de tres perturbaciones leves (1867, 1877 y 1892) la actividad investigadora en el campo de la lógica simbólica no entró en un estado epidémico de importancia, sino hasta principios del siglo XX. A partir de ese momento, el crecimiento del campo tomó el carácter de un proceso epidémico recurrente con puntos máximos que ocurren en intervalos de veinticinco años.

Es interesante notar que la tasa de publicaciones con relación a los autores en cada período de cinco años no varía apreciablemente en número.

Sin embargo, en la práctica bibliométrica pocos artículos han sido publicados siguiendo esta línea de investigación. El modelo epidémico aplicado al proceso de comunicación de la ciencia ha sido utilizado para analizar el crecimiento de la ciencia y su literatura (GILBERT; WOOLGAR, 1974); para el estudio o la transmisión de ideas de la literatura producida entre 1962 a 1974 en el área de “agua anómala” o “polywater” (BENNION; NEUTON, 1976); para analizar la literatura sobre compuestos de gases nobles (HAWKINS, 1978); para revisar y describir los trabajos de Goffman (GARFIELD, 1980); para examinar la literatura de amenaza nuclear (BUJDOSÓ; LYON; NOSZLOPI, 1982); para estudiar la dispersión de ideas en el campo de flujo de inyecciones de 1975 a 1982 (BRAUN; LYON, 1984); para estudiar la literatura sobre investigación en Fullerene (BRAUN, 1992); para estudiar la lógica matemática (WAGNER-DÖBLER, 1999); para analizar la literatura sobre el diagrama de Feynman (BETTENCOURT *et al.*, 2006). En América Latina el modelo epidémico ha sido experimentado para estudiar el crecimiento de la literatura publicada sobre la enfermedad de Chagas en Brasil (CALDEIRA, 1975); para analizar la literatura sobre teología adventista (OLIVEIRA, 1984); para analizar la literatura publicada sobre la ley de Lotka (URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO; SUÁREZ, 2008); para analizar la literatura publicada sobre los estudios métricos en Colombia (RESTREPO-ARANGO, 2017). Hasta donde es del conocimiento de los autores de esta investigación, este modelo aún no ha sido explorado para estudiar la literatura publicada sobre los estudios métricos brasileños. Con este trabajo se intentará llenar ese vacío y aportar al conocimiento y desarrollo de la cienciometría y vigilancia científica en el país.

MATERIAL Y MÉTODOS

Como unidades de análisis fueron tomados cada uno de los artículos publicados en revistas académicas, capítulos de libros y trabajos presentados en congresos que trataron algunos de los aspectos de los estudios métricos (bibliometría, cienciometría, informetría, etc.) o las aplicaciones de estas técnicas en una disciplina o subcampo determinado en el Brasil o por brasileños que publicaron documentos sobre este asunto fuera del Brasil. Se excluyeron los autores de libros, tesis, monografías y literatura gris por dos razones. Primero, porque los libros comienzan como artículos publicados en revistas especializadas; y segundo, porque las tesis, monografías y literatura gris no son indexadas en muchas de las bases de datos bibliográficas consultadas para esta investigación. El periodo cubierto va desde los primeros trabajos publicados a inicios de la década de los 70 hasta diciembre del 2018.

Para recolectar los datos fueron efectuadas búsquedas que usaron los términos listados en el Anexo A en sus diferentes acepciones idiomáticas (inglés, francés, alemán, portugués, español, etc.) y en múltiples combinaciones booleanas en los títulos, palabras clave y resúmenes de las bases de datos bibliográficas y portales de bibliotecas listadas en el Anexo B. Las referencias identificadas fueron exportadas a EndNote X8 para la elaboración de una base de datos sobre el asunto. Posteriormente, fue realizada una minuciosa lectura de cada uno de los documentos identificados en la búsqueda, dedicando especial atención a cada referencia efectuada en el documento leído. Cada referencia relativa al asunto de investigación era confrontada con la base de datos e incorporada, si no había sido identificada en la búsqueda anterior. Lógicamente las referencias duplicadas fueron eliminadas, manteniéndose solamente una referencia no repetida. La identificación de la pertinencia del documento fue una tarea ardua y difícil, porque con mucha frecuencia las palabras clave fueron insuficientes y a veces falsos indicativos. Para identificar a los autores brasileños se analizó la afiliación institucional de cada autor en cada referencia recuperada.

Muchas veces fue necesario consultar la Plataforma Lattes para realizar esta verificación o buscar los “currículo vitae” de los autores, y en no pocas situaciones, se realizó minería de textos y consultas individuales vía correo electrónico. La nacionalidad y la afiliación institucional fueron también indagadas, por medio de mensajes personales enviados al correo electrónico del investigador identificado. Con toda esa estrategia y la lectura minuciosa de muchos de los artículos identificados fue producida la base de datos (que sirve de base al objeto de esta investigación) que contiene referencias de artículos de revistas, capítulos de libros, comunicaciones presentadas en congresos, una que otra nota editorial y cartas enviadas a los editores de las revistas académicas. Esta base de datos especializada ha estado en construcción permanente por un periodo de más de siete años.

Un proceso epidémico puede ser representado por el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales (1):

(1)

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

Este modelo supone que hay una población susceptible de tamaño S , una población infecciosa de tamaño I y una población removida R donde la remoción constituye un estado al que solo se puede alcanzar pasando por un estado de infección. Se supone además que la infección se propaga por contacto directo entre susceptibles e infecciosos con β igual a la tasa de infección e γ igual a la tasa de remoción. La población total $N = S + I + R$ permanece constante con respecto al tiempo, hay una mezcla homogénea entre los miembros de N y el período de latencia que iguala al período de incubación que es igual a cero.

Es decir, las infecciones ocurren continuamente en el tiempo y un susceptible se convierte en un infectado en el momento en que ocurre un contacto efectivo.

Una condición necesaria para que el proceso de la ecuación (1) entre en un estado creciente es que:

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I > 0$$

Por lo tanto, $S > \gamma/\beta = p$ constituye el umbral de la densidad de los susceptibles, es decir, una epidemia puede desarrollarse del tiempo t_0 solo si el número de susceptibles S_0 en ese momento excede el umbral p .

El proceso alcanzará un pico en el momento en que la tasa de cambio de los susceptibles e infecciosos sea máxima, es decir, cuando:

$$\frac{d^2(S + I)}{dt^2} = -\gamma \frac{dI}{dt} = -\gamma [\beta SI - \gamma I] = 0$$

$$\gamma S = \frac{\gamma}{\beta} = \rho.$$

Por lo tanto, el punto en el que el proceso hará una transición de un estado creciente a un estado decreciente es en el momento en que el número de susceptibles alcanza el umbral p .

Según el teorema de Kermack-McKendrick para procesos del tipo (1), el número inicial de susceptibles se reducirá en el transcurso de la epidemia en un valor tanto por debajo del umbral, así como estaba originalmente por encima de él. Por lo tanto, si:

$$S = \rho + \epsilon$$

entonces, el punto en el que el proceso vuelve a entrar en un estado estable es el punto en el que:

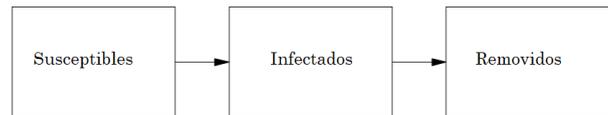
$$S = \rho - \epsilon$$

Dado que N permanece constante durante el curso del desarrollo del proceso, es decir, N es una población cerrada, el proceso de la ecuación (1) siempre debe volver a un estado estable después de haber entrado en un estado creciente.

Por lo tanto, un proceso epidémico en una población cerrada es, en cierto sentido, es un proceso estable.

En la investigación sobre la propagación epidémica de los estudios métricos en Brasil se consideraron tres clases de individuos: (a) Se considera que un autor es infectado en el año de publicación de su primer artículo; (b) Se considera que un autor ha sido removido como contribuyente un año después de la fecha de publicación de su último artículo; y (c) se considera que la población total de autores contribuyentes a la literatura sobre bibliometría brasilera representa la población infectada. Este proceso es ilustrado en la figura 1.

Figura 1 – Representación esquemática del modelo SIR



Fuente: Autoría propia.

En esta figura se tiene que:

t = tiempo en años (es una variable independiente)

S = número de autores susceptibles

I = número de autores infectados

R = número de autores removidos

Para el análisis de los datos se usó el software RStudio, específicamente el paquete deSolve, con el fin de utilizar un algoritmo de computadora para aproximar la solución de las ecuaciones diferenciales ordinarias.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los datos del número de autores y documentos publicados, así como la tasa de cambio estimado para ambas variables, agrupados en periodos de cuatro años. El comenzar en 1971 es apenas un artificio para que los datos del 2018 se encuadren en una agrupación de cuatro años, pero no alteran en nada las estimaciones de la tasa de cambio. Se observa que a pesar de mostrar ciertas oscilaciones en ciertos cuatrienios la tendencia es a un crecimiento más o menos acelerado.

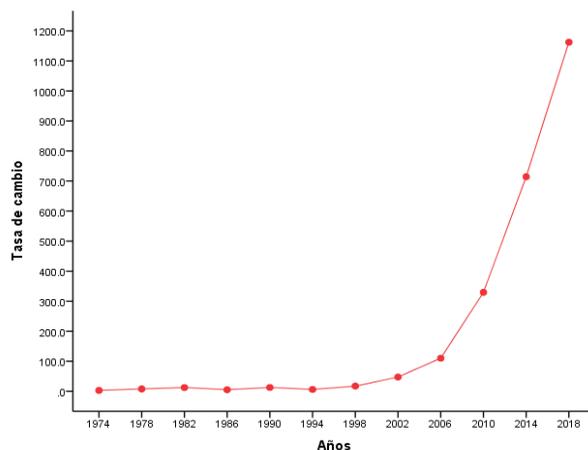
Tabla 1 – Tasa de cambio de Autores y Documentos

Cuatrenios	No. de Autores	Tasa Autores	Documentos	Tasa Documentos
1971-1974	12	3.0	11	2.75
1975-1978	32	8.0	31	7.75
1979-1982	50	12.5	30	7.5
1983-1986	21	5.3	30	7.5
1987-1990	51	12.8	32	8.0
1991-1994	25	6.3	26	6.5
1995-1998	69	17.3	62	15.5
1999-2002	190	47.5	125	31.25
2003-2006	441	110.3	321	80.25
2007-2010	1318	329.5	890	222.5
2011-2014	2857	714.3	1888	472.0
2015-2018	4949	1162.25	2734	683.5

Fuente: autoría propia

La distribución de la tasa cambio en el número de infectados con relación al tiempo, estimado como $\Delta I/\Delta t$, se muestra en la figura 2. Fueron seleccionados intervalos de cuatro años, debido a fluctuaciones en la distribución de intervalos con relación al tiempo. Esta figura representa la curva epidémica de la población total de investigadores, sobre las metrías en el Brasil desde 1973 hasta diciembre de 2018. Se puede observar que la investigación sobre la BB entró en un estado epidémico en la década de 2000.

Figura 2 – Tasa de cambio de los contribuyentes, 1973-2018



Fuente: Autoría propia.

Para unos autores, los años de 1973 a 1975 fueron los de mayor producción en estudios bibliométricos en el Brasil (OLIVEIRA, 1984). Sin embargo, en esta década aparecen las críticas a los estudios bibliométricos y se hacen énfasis en que “pocos autores se preocupan con los aspectos cualitativos de la producción científica. Usan métodos cuantitativos para medir el volumen de la producción científica en desarrollo. Por el contrario, sería de mayor relevancia obtener datos mensurables para evaluar la calidad de esa producción, así como sus efectos en la sociedad” (OLIVEIRA, 1984). Otros académicos son “descreyentes de esos modelos matemáticos muy refinados y sofisticados [que los consideran] como un juego curioso y estimulante, pero de poca utilidad práctica” (FIUZA, 1978). Para otros académicos, entre 1980 y 2000, hubo un descenso en el interés por las prácticas bibliométricas en el país (ARAÚJO, 2006; HAYASHI *et al.*, 2007). En realidad, hasta el año 2000 los datos no muestran ni crecimiento ni descenso, sino que la producción bibliométrica permanece estable, esta producción no crece, pero tampoco decrece, se mantiene en un estado “latente” en la terminología del modelo epidémico. La producción sobre las metrías en el país aún no consigue entrar en una etapa epidémica. Esta etapa correspondería a los investigadores que trabajan en la primera etapa de evolución de una disciplina, aquellos que están explorando un nuevo campo, por eso introducen un nuevo lenguaje que describe más o menos adecuadamente los asuntos estudiados. Estos investigadores no son necesariamente los que descubren nuevos hechos. Su trabajo se basa principalmente en los asuntos que otros han descubierto y en las técnicas experimentales desarrolladas por otros. La razón de esto es en el momento en que conciben el nuevo campo científico, los hechos no son suficientemente conocidos o no son bien comprendidos. No obstante, lo que podría ser considerado como inexactitudes en la descripción de los hechos estudiados, en realidad, son hipótesis de trabajo que son los explorados en esta etapa (SCHNEIDER, 2009). Sus críticos “cualitativistas” olvidaron que sin pequeños cambios no hay grandes cambios y sin pequeñas luchas cotidianas no hay grandes combates históricos (ENGELS, 1961).

¿Cuál podría ser el fenómeno social que impulsa la entrada de las investigaciones sobre las métricas en el Brasil a un estado epidémico a partir del año 2000? Las variables podrían ser muchas. Una de ellas podría ser la difusión y masificación de las innovaciones tecnológicas, en especial los microprocesadores que implicó una “revolución” que alcanzó varias áreas administrativas y productivas de las sociedades occidentales, lo que significaba ganancia de tiempo en la realización de las tareas. Grandes volúmenes de datos podían analizarse y procesarse en un corto intervalo de tiempo. Por lo tanto, la aplicación de estas tecnologías posibilitó cambios significativos en la publicación científica (MOWERY; ROSENBERG, 2005).

También se sugiere el aumento considerable de los cursos de postgrado en Brasil durante la década de 1980. En 1987 había 355 programas en el país y en 1995 ese número aumentó a 616; con respecto al número de personas inscritas en cursos de postgrado en 2000, se calcularon 54 mil estudiantes; a partir de 2002, un aproximado de 6000 doctores se graduaron cada año en el Brasil. La evolución del contingente de estudiantes graduados parece también tener un papel relevante en el aumento de la productividad científica y académica brasileña (LOUZADA, 2002).

También podría deberse a los incentivos proporcionados por CAPES para la publicación de artículos en revistas indexadas por el Web of Science (MENEHINI; PACKER, 2010). También la disponibilidad de publicaciones y datos estadísticos en el Web of Science, Scopus, Google Scholar, y SciElo, así como el reconocimiento del valor de la bibliometría y la cienciometría en la evaluación de la ciencia. Precisamente a partir del año 2000 hubo mayor acceso a la ciencia de corriente principal, por medio del Portal de Revistas de CAPES, puesto a disposición oficialmente a partir de noviembre del año 2000 (GRÁCIO; OLIVEIRA, 2012).

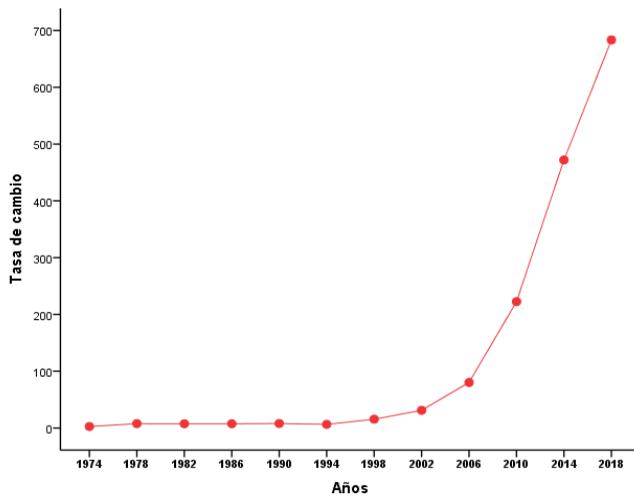
También por esos años las revistas electrónicas se hicieron realidad en el Brasil, se creó el Portal SciElo y se pasó a tener acceso directo al contenido de las revistas indexadas en el Web of Science y Scopus, lo que posibilitó el acceso a todo tipo de datos que facilitaron los estudios cienciométricos. Paralelamente a partir de esa década se formalizan los cursos de postgrado en los que se ofrecen cursos de bibliometría en diferentes disciplinas en el Brasil.

Es así como se amplía la base de los que poseen capitales culturales y habitus necesarios para codificar y decodificar las matrices cienciométricas, lo que hacen posible la mayor producción de publicaciones con enfoques métricos. Estas variables aparentemente se combinaron para lograr que la bibliometría brasileña entrase en una etapa de crecimiento epidémico a partir del año 2000.

La distribución de las publicaciones en intervalos de cuatro años se muestra en la figura 3. Por un periodo de treinta años (1973-2002), el estado de la investigación en BB se mantuvo relativamente estable como lo demuestra el número de publicaciones difundidas en el campo. La literatura total desde los primeros documentos publicados en 1973 hasta diciembre de 2018 consistió en 6180 publicaciones producidas por 9715 autores diferentes.

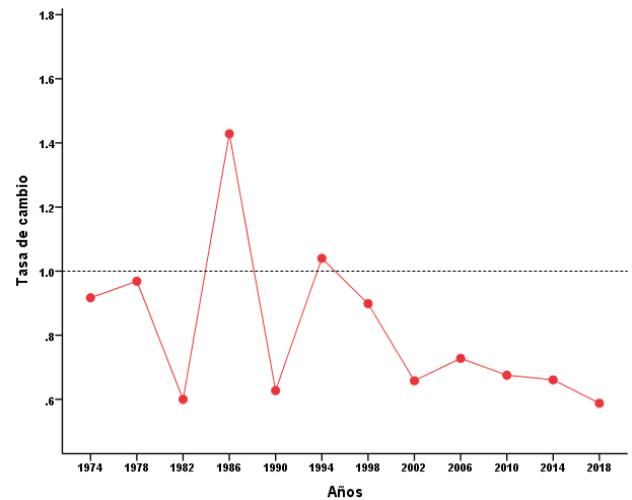
La proporción de los autores en relación con las publicaciones para toda la población que abarca cuarenta y seis años en intervalos de tiempo de cuatro años fue de $9715/6180 \approx 1.6$. Es interesante observar que la tasa de los autores con relación a las publicaciones en cada período de cuatro años de 1973 hasta 2002 no varía de este número. La distribución de las tasas de publicaciones/ autores en intervalos de cuatro años se muestra en la figura 4. Por lo tanto, el número promedio de publicaciones por autor parece ser constante por debajo de una publicación con respecto al tiempo.

Figura 3 – Tasa de cambio de la literatura publicada, 1973-2018



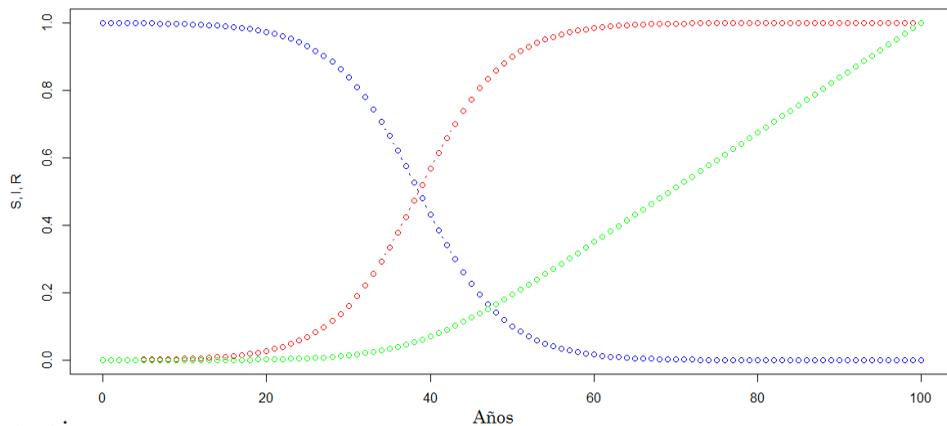
Fuente: Autoría propia.

Figura 4 – Tasa de publicaciones por autores



Fuente: Autoría propia.

Figura 5 – Modelo SIR para la bibliometría brasilera



Fuente: Autoría propia.

Como muchos modelos de epidemias, la mayoría de las veces las ecuaciones del modelo SIR no se pueden resolver explícitamente. A veces se debe integrar numéricamente esas ecuaciones diferenciales ordinarias. Para eso se utiliza un algoritmo de computadora para aproximar la solución. Particularmente, el proyecto R tiene capacidades de resolución de las ecuaciones diferenciales ordinarias muy sofisticadas en el paquete deSolve. Cuando se ejecutó la función configurada para el período de 46 años, se obtuvo $\beta = 0.1474506$ y $\gamma = 0.0002312$. El resultado puede ser observado en la figura 5.

El valor de β es difícil de medir directamente, ya que es una función de la velocidad del contacto y de la transmisibilidad de la epidemia. Por otro lado, γ^{-1} o d , es la duración de la infección que puede determinarse independientemente de los datos.

En esta figura 5, la línea punteada de color azul representa la distribución de los autores susceptibles y la línea punteada de color rojo representa la distribución de los autores recobrados. Conforme la epidemia progresa en relación con los años, el número de autores susceptibles disminuye, pero el número de autores recobrados aumenta.

La línea punteada de color verde representa la distribución de los autores infectados y esta sigue en crecimiento, porque el proceso de contagio de los autores en la bibliometría brasilera no ha alcanzado todavía su tope. Este tope está lejos de ser alcanzado y tendrá todavía un largo proceso de contagio para alcanzar su punto de saturación. Este punto de saturación solo será alcanzado cuando la ojiva verde que ahora es de forma lineal se transforme en una ojiva de forma sigmoideal indicando la llegada a un punto de saturación.

CONCLUSIONES

Esta investigación se propuso observar el desarrollo de la bibliometría brasilera (BB) dentro de los parámetros establecidos por la teoría epidémica, buscando identificar el momento en que sus investigadores y su literatura publicada alcanzan un estado epidémico. Se encontró que tanto la investigación como la literatura publicada sobre la BB entraron en un estado de epidémico en la década de 2000. El modelo epidémico SIR proyecta adecuadamente el ajuste de los susceptibles y los recobrados; indica además que los infectados continuarán creciendo sin alcanzar todavía su punto de saturación logística. La bibliometría brasilera todavía está experimentando un crecimiento constante de sus autores y su literatura publicada.

La entrada en el estado epidémico de la bibliometría brasilera parece deberse a factores que tienen que ver con aspectos políticos, sociales y económicos que impulsaron la mayor producción de literatura científica a partir del año 2000.

REFERENCIAS

- ARAÚJO, C.A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais, *Em questão*, v.12, n.1, pp.11-32, 2006.
- BENNION, B.C.; NEUTON, L.A. The epidemiology of research on Anomalous water. *Journal of the American Society for Information Science*, v.27, n.1, p.53-56, 1976.
- BERNOULLI, D. Essai d' une nouvelle analyse de la mortalité causée par la petite vérole, et des avantages de l' inoculation pour la prévenir. *Mémoires de Mathématique et de physique*, n.1-45, 1760.
- BETTENCOURT, L.M.A. *et al.* The power of a good idea: quantitative modeling of the spread of ideas from epidemiological models. *Physica A*, n.364, p.513-536, 2006.
- BLOWER, S. An attempt at a new analysis of the mortality caused by smallpox and of the advantages of inoculation to prevent it. *Reviews in Medical Virology*, v.14, n.5, pp.275-288, 2004.
- BRAUN, T. The epidemic spread of fullerene research. *Angewandte Chemie, International Edition in English*, v.31, n.5, p.588-589, 1992.
- BRAUN, T.; LYON, W.S. The epidemiology of research on florinjection analysis: an unconventional approach, *Fresenius Z. Anal Chemistry*, n.319, p.74-77, 1984.
- BUJDOSÓ, E.; LYON, W.S.; NOSZLOPI, I. Prompt nuclear analysis: growth and trends: a scientometric study. *Journal of radioanalytical chemistry*, v.74, n.1, p.197-238, 1982.
- CALDEIRA, P.D.T. Processo de crescimento epidemológico aplicado à literatura brasileira de doença de chagas. *Ciência da Informação*, v.4, n.1, p.5-16, 1975.
- ENGELS, F. *Dialéctica de la naturaleza*. México: Grijalbo, 1961.
- FIUZA, M.M. Considerações sobre o uso de estudos bibliométricos na formação de coleções básicas. *Revista da Escola de Biblioteconomia da UFMG*, v.7, n.1, p.59-68, 1978.
- GALINDO URIBARRI, S.; RODRÍGUEZ MEZA, M.A.; CERVANTES COTA, J.L. Las matemáticas de las epidemias: caso México 2009 y otros. *Ciencia ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, v.20, n.3, p.238-246, 2013.
- GARFIELD, E. The epidemiology of knowledge and the spread of scientific information. *Current Contents*, n.35, p.5-10, 1980.
- GILBERT, G.N.; WOOLGAR, S. The quantitative study of science: an examination of the literature. *Science Studies*, v.4, n.3, p.279-294, 1974.
- GOFFMAN, W. An epidemic process in an open population. *Nature*, v.205, n.4973, p.831-832, 1965.
- . Stability of epidemic process. *Nature*, v.210, n.5038, p.786-787, 1966a.

- . A Mathematical Model for Describing the Compatibility of Infectious Diseases. *Journal of Theoretical Biology*, v.11, p.349-361, 1966b.
- . Mathematical approach to the spread of scientific ideas: the history of mast cell research. *Nature*, v.212, n.5061, p.449-452, 1966c.
- . An application of epidemic theory to the growth of science (symbolic logic from Boole to Gödel). In INTERNATIONAL CONGRESS OF CYBERNETICS. Progress of cybernetics: proceedings of the first international congress of cybernetics. 1969.
- . A Mathematical method for Analyzing the Growth of a Scientific Discipline. *Journal of the Association for Computing Machinery*, v.18, n.2, p.173-185, 1971.
- GOFFMAN, W.; HARMON, G. Mathematical approach to the prediction of scientific discovery. *Nature*, v.229, n.5980, p.103-104, 1971
- GOFFMAN, W.; NEWILL, V.A. Generalization of epidemic theory: an application to the transmission of ideas. *Nature*, v.204, n.4955, p.225-228, 1964.
- . Communication and epidemic processes. In PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY A, 298, p.316-334, 1967.
- GOFFMAN, W.; WARREN, K.S. Application of the Ker-mack-Mckendrick theory to the epidemiology of Schistosomiasis. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.19, n.2, p.278-283, 1970.
- GRÁCIO, M.C.C.; OLIVEIRA, E.F.T.A. A inserção e o impacto internacional da pesquisa brasileira em “estudos métricos”: uma análise na base Scopus. *Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação*, v.5, n.1, 2012.
- HAYASHI, M.C.P.I. et al. Um estudo bibliométrico da produção científica sobre a educação jesuítica no Brasil colonial. *Biblios*, v.8, n.27, p.1-18, 2007.
- HAWKINS, D.T. The Literature of noble gas compounds. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, v.18, n.4, p.190-199, 1978
- KERMACK, W.O.; MCKENDRICK, A.G. Contributions to the mathematical theory of epidemics, Part I. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section A. *Mathematics*. n.115, p.700-721, 1927.
- LOUZADA, R.C.R. Sobre o crescimento da produtividade científica brasileira: anotações. *Revista Espaço Acadêmico*, v.2, n.18, p.01-04, 2002.
- MACHÍN FARAL, P. La teoría epidémica aplicada a la idea de sustentabilidad en las áreas de Ecología y Ordenamiento territorial. *Informatio*, v.24, n.2, p.25-45, 2019.
- MEDEIROS, J.M.G. de; VITORIANO, M.A.V. A evolução da bibliometria e sua interdisciplinaridade na produção científica brasileira. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v.13, n.3, p.491-503, 2015.
- MENEZHINI, R.; PACKER, A.L. The extent of multidisciplinary authorship of articles of scientometrics and bibliometrics in Brazil. *Interciencia*, v.35, n.7, p.510-514, 2010.
- MUGNAINI, R.; FUJINO, A.; KOBASHI, N.Y. *Bibliometria e cientometria no Brasil: infraestrutura para avaliação da pesquisa científica na era do Big Data*. São Paulo: ECA/USP, 2017.
- OLIVEIRA, S.M. de. Aplicações e limitações dos processos bibliométricos. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, v.17, n.1-2, p.55-65, 1984.
- OLIVEIRA, S.M.D. Estudo do comportamento da literatura brasileira de teologia adventista: análise de crescimento epidêmico. *Ciência da informação*, v.13, n.1, p.25-52, 1984.
- RAPOPORT, A. Spread of information through a population with sociostructural bias: I. Assumption of transitivity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v.15, p.523-533, 1953.
- RESTREPO-ARANGO, C. La difusión epidémica de la literatura sobre estudios métricos en Colombia. *Revista Conhecimento em Ação*, v.2, n.2, p.45-55, 2017.
- RIBERO, H.C.M. Bibliometria: quinze anos de análise da produção acadêmica em periódicos brasileiros, *Biblios*, v.69, p.1-20, 2017.
- SCHNEIDER, A.M. Four stages of a scientific discipline: four types of scientist. *Trends in Biochemical Sciences*, v.34, n.5, p.217-223, 2009.
- URBIZAGÁSTEGUI ALVARADO, R.; SUÁREZ, J. La teoría epidémica en la literatura sobre la Ley de Lotka. *Investigación Bibliotecológica*, v.22, n.46, p.91-111, 2008.
- VANZ, S.A.S. *A bibliometria no Brasil: análise temática das publicações do periódico Ciência da Informação (1972-2002)*. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/55fa/de24c49d57fed24ece6aba26615802be7147.pdf>> Acesso em: 9 abr. 2020.
- WAGNER-DÖBLER, R. William Goffman's mathematical approach to the prediction of scientific discoveries, revised. In PROCEEDINGS OF THE 7TH CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR SCIENTOMETRICS AND INFORMETRICS, July 5-8, 1999, Colima, México, pp. 522-531.
- WARREN, K.S.; GOFFMAN, W. The ecology of the medical literatures. *The American Journal of the Medical Sciences*, v.263, n.4, p.267-273, 1972.

ANEXO A: Términos de búsqueda

Brasil / Índice h / Elitismo / Frente de / investigación / Regla 80/20 / Obsolescencia de la literatura / Crecimiento de la literatura / Vida media / Teoría epidémica / Visibilidad / Índice de Pratt / Índice de Price / Índice de inmediatez / Ley de Price / Indicadores bibliométricos / Indicadores cuantitativos / Ley de Goffman / Ley de Bradford / Ley de Lotka / Ley de Zipf / Punto de transición / Colegios invisibles / Factor de impacto / Factor de inmediatez / Análisis de citas / Acoplamiento bibliográfico / Co-citación / Redes sociales / Co-autoría / Colaboración científica / Índice de colaboración / Circulación de la colección / Núcleo básico de periódicos / Indicadores en ciencia y tecnología / Bibliometría / Cuantitativa / Informetría / Patentometría / Arquivometría / Bio-bibliometría / Webometría / Sitometría / Netometría

ANEXO B: BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICOS Y PORTALES CONSULTADAS

Library Literature & Information Science Full Text	ArticleFirst
Library and Information Science Abstract (LISA)	Science Citation Expanded Index
Library, Information Science & Technology Abstracts (LISTA)	Google
Plataforma Lattes	Google Scholar
BRAPCI	ISOC
LICI (IBICT)	ICYT
PERI: Base de Datos de Periódicos (UFMG)	Dialnet
Biblioteca Virtual em Saúde	INFOBILA de México
SPELL: Scientific Periodicals Electronic Library	Periodica
DEDALUS: Banco de datos Bibliográficos da USP	Redalyc
Web of Science	Scielo Brasil
Scopus	Scielo México
JSTOR	Scielo Venezuela
Agrícola	Scielo Colombia
Biosis	Scielo Chile
CAB Abstracts	Scielo Argentina
Medline	Scielo Bolivia
Anthropological Literature	Portal del RECYT
Anthropological Index	Biblioteca Virtual en Salud del Brasil
Anthropology Plus	Biblioteca Virtual de la Universidad de São Paulo
WorldCat	y otras 520 bases de datos bibliográficas existentes en la biblioteca de ciencias de la Universidad de California en Riverside.
HAPI	